

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE QUIMICA



DISEÑO DE PRACTICAS PARA INGENIERIA EN UN
SISTEMA DE FLUJO DE FLUIDOS

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO QUIMICO
P R E S E N T A N

JUSTINO CADENA PARRAGUIRRE
JOSE GUADALUPE ALFONSO RAMOS ANASTASIO
ASESOR DE TESIS: M. EN C. ANTONIO FRIAS MENDOZA

México, D. F.

JUNIO DE 1976



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

CLAS TESIS 1976
ADO M.C. 63
FECHA _____
PROG _____
P. _____



QUIMICA

JURADO ASIGNADO ORIGINALMENTE

PRESIDENTE : I.Q. VLADIMIR ESTIVILL RIERA.

VOCAL : I.Q. CUTBERTO RAMIREZ CASTILLO.

SECRETARIO : I.Q. ANTONIO FRIAS MENDOZA.

1er. SUPLENTE : I.Q. JOSE FCO. GUERRA RECASENS.

2do. SUPLENTE : I.Q. CARLOS BAZAN VILLEGAS.

**Sitio donde se desarrolló el tema : ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS
PROFESIONALES CUAUTITLAN
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA**

Nombre completo de los sustentantes : JUSTINO CADENA PARRAGUIRRE

Y

J. GPE. A. RAMOS ANASTASIO

A MIS PADRES:

QUE CON SUS SACRIFICIOS HICIERON
DE MI UN HOMBRE CON FUTURO.

A MI ESPOSA:

QUE CON SU CARIÑO Y COMPRENSION
SIEMPRE ME HA AYUDADO

A MIS SUEGROS:

QUE SIEMPRE ME BRINDARON SU
AMISTAD.

A MIS HERMANOS:

PILAR VICTORIA

CRISTINA LIBIA

JESUS AZALEA

ALEJANDRO MARCOS

ANTONIO

MARTIN

A LOS INGENIEROS:

A.FRIAS R.VILLEGAS

A.VALIENTE A.VALERA

V.STIVILL

"DIOS PRINCIPIO ORGANIZADOR
INTELIGENCIA UNIVERSAL
QUE GOBIERNA LA NATURALEZA "

A MIS PADRES :

Con gran cariño y adoración, que hicieron posible
mis estudios.

A MI TIO LUIS :

Por su gran ayuda desinteresada.

A MIS HERMANAS :

Gracias por su apoyo moral.

A TODA LA FAMILIA :

Como muestra de agradecimiento.

Y muy especialmente a mi novia ANA MARIA que con
su sencillez y sentido de superación
me brindó en mi carrera.

A LA FAMILIA CALDERON :

Por su confianza y apoyo.

A MIS COMPAÑEROS DE GENERACION :

J. Tello, J. Méndez, E. Camargo, etc.

A LOS INGENIEROS : A. Frías, V. Estivill, R. Villegas,

J. Valera, I, Palomares.

	INDICE	PAG.
I	Introducción -----	1
II	Generalidades -----	2
III	Diseño de prácticas -----	3
IV	Equipos -----	30
V	Cálculos -----	37
VI	Conclusiones -----	46
	Apéndice A -----	47
	Apéndice B -----	53
	Bibliografía -----	61

CAPITULO I

INTRODUCCION

Atendiendo a una necesidad de expansión por parte de la Universidad, surgieron las nuevas unidades Profesionales - ENEPC - y con ellas la --⁽¹⁾ Escuela de Ingeniería; lo cual a su vez, plantea una nueva necesidad: La creación de los laboratorios de Ingeniería. Hecho que nos brindó la oportunidad de desarrollar en el campo del Diseño los conocimientos adquiridos en Ingeniería Química; en el área de Mecánica de Fluidos, al otorgarnos la tarea de elaborar las prácticas a llevarse dentro del programa de estudios de dicha naciente Institución. Tales prácticas habrán de permitir al alumno conocer de una manera concreta el comportamiento de los - flujos dentro de un sistema de "Flujo de Fluidos".

Para la aplicación de los diseños se contaba inicialmente con una -⁽²⁾ reducida área de trabajo en la cual se pensaba montar el equipo; pero, ya concluido el trabajo se presentó el problema de la ampliación de dicha área, así como de la falta de equipo. Lo que nos impidió llevar el trabajo a la práctica.

Fué así como surgió en nosotros la idea de llevar el inconcluso -- proyecto a nuestra tesis que hoy presentamos a su consideración. .

(1) Escuela Nacional de Estudios Profesionales Cuautitlán.

(2) Por esta razón se pensó utilizar tubería de PVC que fuera fácilmente transportable de un lugar a otro y evitar posibles desperfectos en el equipo.

CAPITULO II

GENERALIDADES

A continuación haremos un breve bosquejo del contenido de las prácticas que integran en su conjunto la tesis de que hoy nos ocupamos; así como de su distribución al realizarlas, Dicha distribución se hizo tomando en cuenta de manera progresiva el grado de dificultad de las mismas; quedando integradas en el siguiente orden:

I.- MEDIDORES

II.- NUMERO DE REYNOLDS

III.- GOLPE DE ARIETE

IV.- BOMBAS.

Estas prácticas permitirán observar el comportamiento de un determinado flujo, verificar sus caídas de presión, su caudal, tipo de flujo (laminar ó turbulento); los efectos que produce una onda de presión en el sistema, la potencia requerida de bombeo, etc.

Las prácticas fueron programadas para tener una duración de 3 horas, distribuidas aproximadamente de la siguiente manera:

Durante la primera hora habrá una breve discusión sobre el tema - que permita al profesor tener una idea de los conocimientos teóricos - del alumno; seguida de la explicación por parte de este del manejo del equipo.

La segunda hora se empleará en la realización del trabajo práctico.

Finalmente la tercera hora se utilizará para la discusión y evaluación de los resultados obtenidos.

La evaluación de los alumnos se deja a criterio de cada profesor.

CAPITULO III

MEDIDORES.-

Las medidas de flujo comprenden la determinación de la presión, velocidad, caudal, onda de choque, gradientes de densidad, turbulencia y viscosidad.

Hay muchos métodos para efectuar dichas medidas:

a) métodos directos.- los cuales resuelven este problema determinando el volumen o el peso del fluido que pasa a través de una sección en un cierto tiempo.

b) métodos indirectos.- determinan la altura, la diferencia de presiones o velocidades en varios puntos de una sección y con estos datos calcular el caudal.

Existen otros métodos para efectuar estas medidas los cuales son: electrónicos, electromagnéticos, ópticos, etc.

MEDIDOR DE ORIFICIO EN UNA TUBERIA.

Para utilizar un orificio que mida el caudal que pasa por una tubería, se coloca en ésta un diafragma en el que se ha practicado un orificio como se muestra en la figura (3-1). Cuando el borde del orificio es de arista viva se produce una contracción del chorro de agua abajo del orificio.

Aplicando la ecuación de Bernoulli entre la sección 1 y la sección -- contraída del chorro, sección 2, se obtiene:

$$\frac{v_{1t}^2}{2g} + \frac{p_1}{\gamma} = \frac{v_{2t}^2}{2g} + \frac{p_2}{\gamma} \dots\dots\dots (3-1)$$

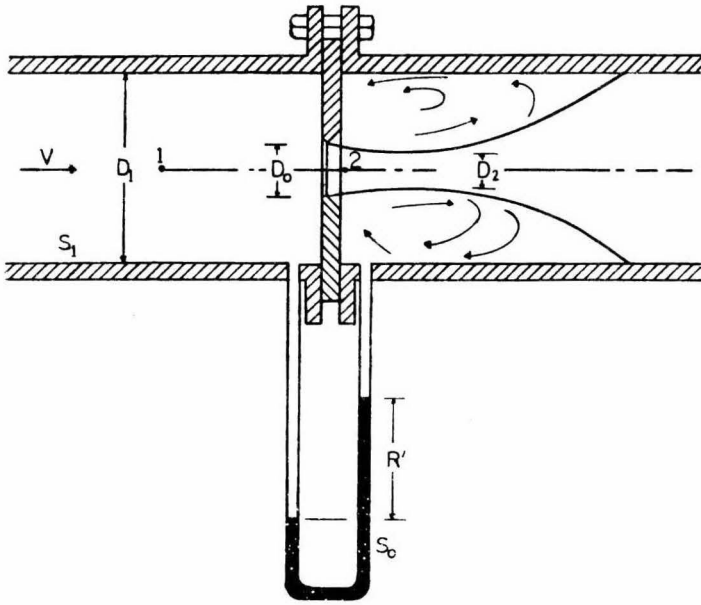


Fig. (3-1). Orificio en una Tubería

reproducido de: Streeter, S.L.
 Mecánica de los Fluidos.
 4a. Edición.(Traducción).
 Mc Graw-Hill.
 México, 1971.

Aplicando la ecuación de continuidad que relaciona V_{1t} y V_{2t} con el coeficiente de contracción $C_c = A_2 / A_0$ (3-2)

$$V_{1t} \frac{D_1^2}{4} = V_{2t} C_c \frac{D_0^2}{4} \dots\dots\dots(3-3)$$

Eliminando V_{1t} :

$$\frac{V_{2t}^2}{2g} (1 - C_c^2 (D_0/D_1)^4) = \frac{P_1 - P_2}{\gamma} \dots\dots\dots(3-4)$$

y despejando V_{2t} :

$$V_{2t} = \sqrt{\frac{2g(P_1 - P_2)/\gamma}{1 - C_c^2(D_0/D_1)^4}} \dots\dots\dots(3-5)$$

Multiplicando por C_v se obtiene la velocidad real de la sección contraída:

$$V_{2a} = C_v \sqrt{\frac{2(P_1 - P_2)/\rho}{1 - C_c^2(D_0/D_1)^4}} \dots\dots\dots(3-6)$$

y finalmente, multiplicando por el área del chorro, $C_d A_0$, se obtiene el caudal real Q :

$$Q = C_d A_0 \sqrt{\frac{2(P_1 - P_2)/\rho}{1 - C_c^2(D_0/D_1)^4}} \dots\dots\dots(3-7)$$

C_d = coeficiente de desagüe

V_t = velocidad teórica

$C_d = C_v C_c$

C_c = coeficiente de contracción

C_v = coeficiente de velocidad

$C_c = A_2/A_0$

$C_v = V_a / V_t$

A_2 = área del chorro

V_a = velocidad real

A_0 = área del orificio

Debido a la dificultad que presenta el determinar los dos coeficientes

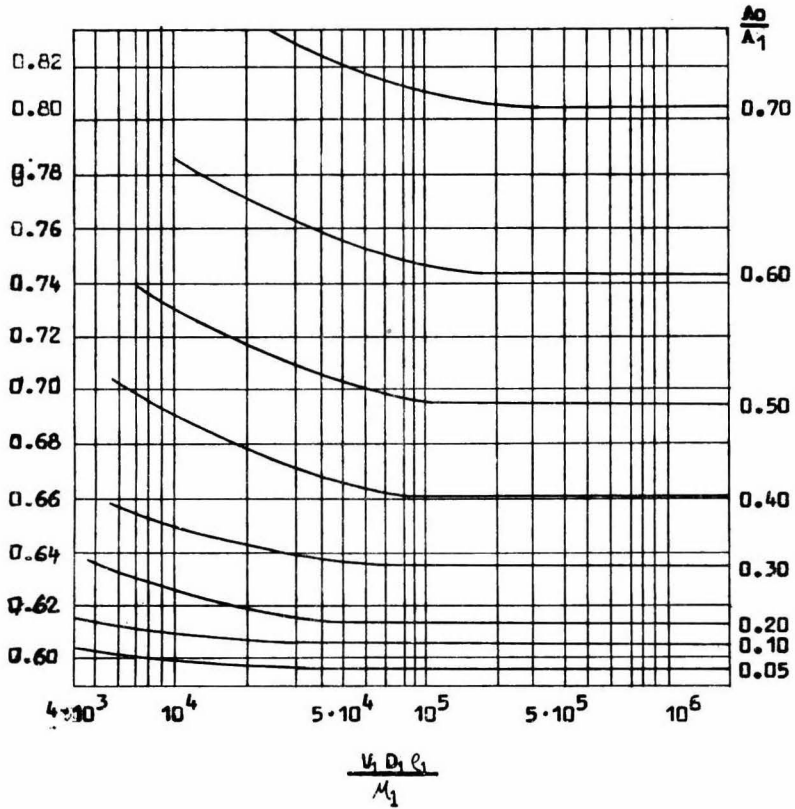


Fig. (3-2). Orificio y coeficiente de caudal.

Reproducido de: Streeter L. Victor
 Mecánica de los fluidos
 McGraw-Hill
 pag. 462
 México, 1970.

por separado, se recurre a la fórmula simplificada:

$$Q = C A_0 \sqrt{2(\Delta P/\rho)} \dots\dots\dots(3-8)$$

Los valores de C se dan en la figura (3-2) para orificio estandar.

VENTURI.

El venturi se usa para medir el caudal que pasa por una tubería. Se ha
ce generalmente fundido y consta primeramente de una parte cilíndrica del
mismo diámetro de la tubería, a la cual se acopla; esta parte tiene un anillo
de bronce con una serie de orificios piezométricos para la medida de la
presión estática, sigue después una parte cónica convergente que termina en
una garganta cilíndrica con anillo de bronce que contiene otra serie de ori-
ficios piezométricos; y a continuación sigue una parte cónica divergente,
que termina en una porción cilíndrica del mismo diámetro de la tubería. A
los dos anillos de orificios piezométricos, van conectadas las dos ramas de
un manómetro diferencial (figura 3-3). El tamaño del venturi viene especifica-
do por los diámetros de la tubería y de la garganta: por ejemplo un ventu-
ri de 2in por 1in, significa que el venturi puede acoplarse a una tubería
de 2in de diámetro y que su garganta tiene un diámetro de 1in.

Las presiones en la sección aguas arriba y en la garganta son presio-
nes reales. Si se emplea la ecuación de Bernoulli (despreciando las pérdi-
das) se obtiene la velocidad teórica en la garganta, que al multiplicarse
por el coeficiente de velocidad C_v se obtiene la velocidad real, que multi-
plicada por el área de la garganta determina el caudal real.

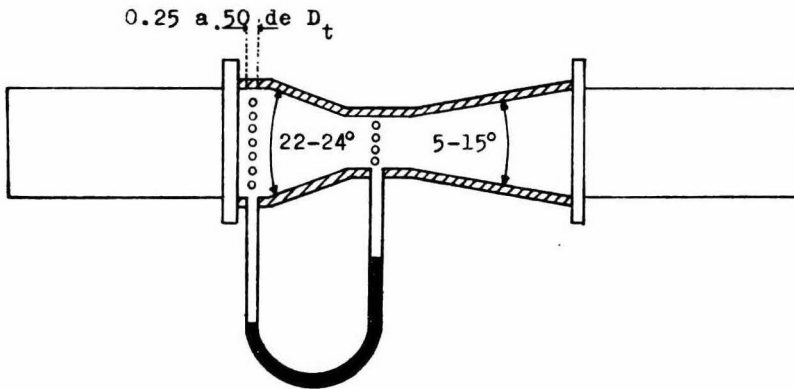


Fig.(3-3)
Venturímetro,
Tomado de:

Streeter, Victor L.
Mecánica de los Fluidos.
4a Edición.
McGraw-Hill.
México 1971.

De la figura (3-3) tenemos:

$$\frac{V_{1t}^2}{2g} + \frac{P_1}{\gamma} = \frac{V_{2t}^2}{2g} + \frac{P_2}{\gamma} \dots\dots\dots(3-9)$$

en donde: V_{1t} y V_{2t} son las velocidades medias en las secciones 1 y 2.

γ es el peso específico.

P_1 y P_2 la presión en el punto 1 y 2.

De la ecuación de continuidad $V_{1t}D_1^2 = V_{2t}D_2^2$ tenemos:

$$\frac{V_{1t}^2}{2g} = \frac{V_{2t}^2}{2g} \frac{D_2^4}{D_1^4} \dots\dots\dots(3-10)$$

sustituyendo en la ecuación (3-4) y resolviendo respecto a v_{2t} obtenemos:

$$\frac{V_{2t}^2}{2g_c} \frac{D_2}{D_1} + \frac{P_1}{\rho} = \frac{V_{2t}^2}{2g_c} + \frac{P_2}{\rho} \dots\dots(3-11)$$

rearrreglando $\frac{V_{2t}^2}{2g_c} 1 - \frac{D_2}{D_1} = \frac{P_1 - P_2}{\rho} \dots\dots\dots(3-12)$

$$V_{2t}^2 = \frac{2g_c (P_1 - P_2)/\rho}{1 - (D_2/D_1)^4} \dots\dots\dots(3-13)$$

$$V_{2t} = \sqrt{\frac{2g_c (P_1 - P_2)/\rho}{1 - (D_2/D_1)^4}} \dots\dots\dots(3-14)$$

6 $V_{2t} = \sqrt{\frac{2g_c (P_1 - P_2)/\rho}{1 - (D_2/D_1)^4}} \dots\dots\dots(3-15)$

Introduciendo el coeficiente de velocidad: $V_{1e} = C_v V_{2t}$

$$V_{2a} = \sqrt{\frac{2g_c (P_1 - P_2)/\rho}{1 - (D_2/D_1)^4}} \dots\dots\dots(3-16)$$

y multiplicando por A_2 obtenemos el caudal real Q :

$$Q = C_v A_2 \sqrt{\frac{2g_c (P_1 - P_2)/\rho}{1 - (D_2/D_1)^4}} \dots\dots\dots(3-17)$$

En la figura (3-3) se dan resultados experimentales obtenidos con venturímetros de diámetro de garganta igual al de la tubería.

El venturímetro tiene una pérdida total pequeña, debida a la gradual - expansión cónica, que ayuda a transformar la energía cinética en la - garganta en energía de presión. La pérdida es aproximadamente del 10-15% de la diferencia de alturas totales entre las secciones 1 y 2.

La ecuación (3-16) para fluidos incompresibles se puede escribir en función del caudal masa:

$$m = C_v \rho_1 A_2 \sqrt{\frac{2g_c \Delta P / \rho_1}{1 - (D_2/D_1)^4}} \dots\dots\dots (3-18)$$

$$m = C_v A_2 \sqrt{\frac{2g_c \rho_1 \Delta P}{1 - (D_2/D_1)^4}} \dots\dots\dots (3-19)$$

NUMERO DE REYNOLDS.

Osborne Reynolds en 1883 registró un número de experimentos que determinaron las leyes de las resistencias de tuberías.

La resistencia a la fricción en un flujo que fluye a través de una tubería resulta una continua pérdida de energía o cabeza total del fluido. Como se puede observar en la figura (3-13), en las salidas entre los piezómetros A y B que representan las pérdidas de la cabeza h en la longitud L del tubo.

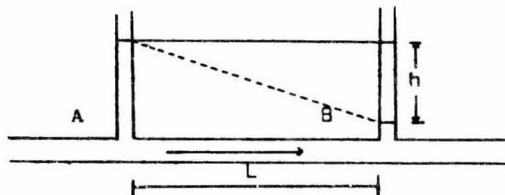


Fig.(3-13). Gradiente hidráulico.

Es muy común referir la razón de la cabeza total a lo largo de una longitud L $\left(\frac{dh}{dL}\right)$ que se define como el gradiente hidráulico: $\frac{dh}{dL} = i$ (3-36)

El número de Reynolds es la razón de las fuerzas de inercia a las fuerzas viscosas. Un valor grande de Re indica un flujo altamente turbulento con pérdidas proporcionales al cuadrado de la velocidad como las dan las siguientes relaciones:

$$i \propto u \quad \text{para flujo laminar.....(3-37)}$$

$$i \propto u^n \quad \text{para flujo turbulento.....(3-28)}$$

en donde n varía de 1.7 a 2. Dependiendo del valor de R y de la rugosidad

de la pared del tubo y gráficamente se pueden observar en la figura (3-14).

La ecuación (3-36) de acuerdo a la ecuación de Poiseuille's se puede transformar en:

$$i = \frac{32 \mu u}{g D^2} \dots\dots\dots(3-39)$$

Para el flujo turbulento es muy usual la ecuación de Darcy's que es:

$$i = \frac{4 f u^2}{D 2 g} \dots\dots\dots(3-40)$$

en donde f es el factor de fricción que se determina experimentalmente y que varía con Re y la rugosidad del tubo, o sea:

$$f = F \frac{V D P}{\mu} \cdot \frac{E}{D}$$

para tuberías lisas entonces , es de esperarse que el factor de fricción solamente depende del número de Reynolds, o sea que, para el flujo laminar será:

$$f = \frac{64}{N_R} \dots\dots\dots(3-41)$$

Blasius fue el primero que hizo experiencias con tuberías lisas en flujo turbulento obteniendo una fórmula empírica que es válida para el número de Reynolds entre 3000 y 100 000 y que es de la forma:

$$f = \frac{0.316}{N_R^{0.25}} \dots\dots\dots(3-42)$$

Para un número de Reynolds mayor de 100 000 en tuberías lisas, Karman y Prandtl dedujeron la ecuación:

$$1/\sqrt{f} = 2 \log N_R \sqrt{f} - 0.8 \dots\dots\dots(3-43)$$

Se puede observar en la figura (3-14) el perfil de velocidad en pared lisa y rugosa.

El valor de 1.75 corresponde a un flujo turbulento para tubos de pared lisa. Como la pared rugosa se incrementa, el valor de n se incrementa a un valor máximo de 2.

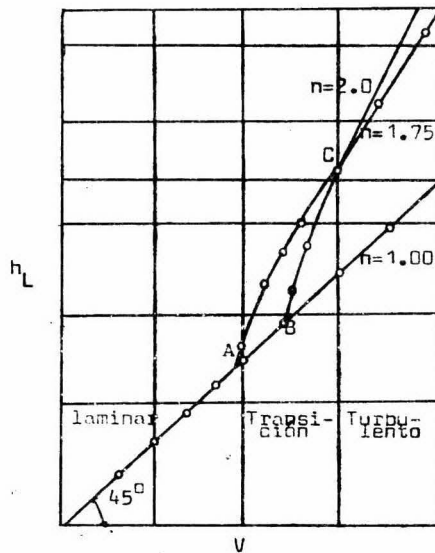


Fig. (3-14). Gráfica en Log-log para Flujo en tubería uniforme.

Reproducido de: Daugherty, R.L.
 Fluid Mechanics with
 Engineering Applications.
 6a. Edición. McGraw-Hill
 Book Company.
 p. 192
 Tokyo, 1965.

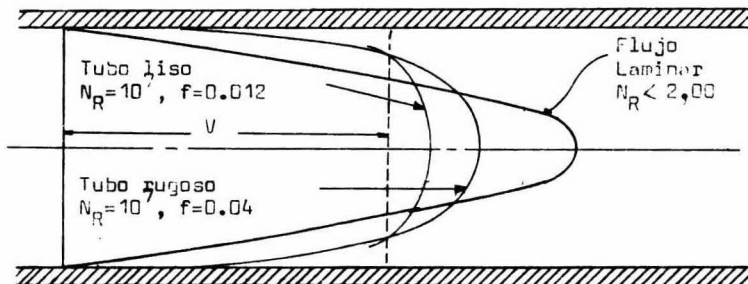


Fig. (3-15). Perfiles de Velocidad.

Reproducido de: Daugherty, R.L.
 Fluid Mechanics with
 Engineering Applications.
 6a. Edition.
 McGraw-Hill, Book Co.
 p. 210
 Tokyo, 1965.

GOLPE DE ARIETE.

Al presentarse un flujo continuo en una tubería regularmente en una sección de tubería recta y donde existe una válvula, ésta muchas veces al cerrarla provoca una onda de presión como se puede observar en la figura siguiente:

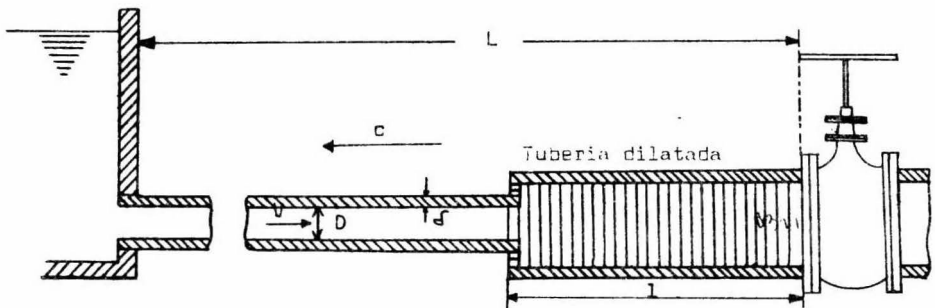


Fig. (3-12). Onda de Presión en el Cierre Instantáneo de una válvula.
Reproducido de: Mataix, C.
Mecánica de Fluidos y Máquinas Hidráulicas.
p. 288
México, 1970.

EXPLICACION DEL FENOMENO.

Si se cierra la válvula rápidamente, en virtud del principio de conservación de la energía, al disminuir la energía cinética, ésta se va transformando en un trabajo de compresión del fluido que llena la tubería y en el trabajo necesario para dilatar esta última, que produce una sobrepresión, o un golpe de ariete positivo y al contrario, al abrir una válvula se produce una depresión o golpe de ariete negativo.

Al cerrarse por completo instantáneamente la válvula de la figura (3-12) se produce, una onda de presión que se propaga con una velocidad c , la cual en un instante considerado lleva una dirección contraria a la velocidad del fluido; se ha creado una onda elástica, o sea una onda de presión que se propaga por la tubería que, se refleja a la salida del nivel, vuelve a la válvula de nuevo al nivel y así sucesivamente originando sobrepresiones y depresiones en la tubería la cual se dilata o contrae al paso de la onda.

Siendo c la velocidad de la onda y L la longitud de la tubería, el tiempo que tarda en recorrer la onda la distancia entre la válvula y la tubería es $t_0 = L/c$, al cabo de un tiempo será $T = 4t_0 = 4L/c$, y el ciclo se repite.

Teóricamente este movimiento oscilatorio continuaría indefinidamente, prácticamente la deformación de la tubería y la viscosidad del líquido disipa energía y las oscilaciones se amortiguan.

Joukowski fue el primero que comenzó el estudio del golpe de ariete y la solución completa fue dada por Allievi.

El cálculo de la sobrepresión depende del tiempo de cierre t_c de la válvula.

El cierre puede ser:

- a) Instantáneo: $t_c = 0$
- b) Rápido: $0 < t_c < t_0 = 2L/c = T/2$
- c) Lento: $t_c > t_0 = 2L/c = T/2$.- La presión máxima es

menor que en los dos casos precedentes, porque la depresión de la onda elástica llega a la válvula antes de que se complete el medio ciclo e impide el aumento ulterior de la presión. Este caso es el más frecuente en la práctica y el que se utilizará para la observación y cálculo del golpe de ariete.

La sobrepresión en cierre lento de válvula es:

$$P = k \frac{\rho L V}{t_c} \dots\dots\dots(3-30)$$

y la celeridad de la onda elástica está dada por:

$$c = \frac{\sqrt{E_0/\rho}}{\sqrt{1 + E_0 D/E \delta}} \dots\dots\dots(3-31)$$

La celeridad c , de la onda elástica en el fluido. En el agua: c_0

$$c_0 = \sqrt{\frac{E_0}{\rho}} \dots\dots\dots(3-32)$$

Sustituyendo la ecuación (3-32) en (3-31) obtenemos:

$$c = \frac{c_0}{\sqrt{1 + E_0 D/E \delta}} \dots\dots\dots(3-33)$$

en donde:

c = celeridad de la onda elástica del fluido, m/seg, ST.
(ST = sistema-técnico M.K.S.)

c_0 = celeridad de la onda elástica en el agua, 1425 m/seg, ST.

ρ = densidad del fluido, Kgseg²/m⁴, ST.

D = diámetro de la tubería, m, ST.

δ = espesor de la tubería, m, ST.

E = módulo de elasticidad del material, Kg/m², ST.

E_0 = módulo de elasticidad del volumen del fluido, Kg/m², ST.

De la ecuación (3-30) se puede expresar en sobrepresión dada en metros de columna de agua:

$$h = \frac{c v}{g} \dots\dots\dots(3-34)$$

- en donde:
- h = sobrepresión en metros de columna de agua.
 - v = velocidad del fluido, m/seg.
 - g = aceleración de la gravedad, m/seg².

De la expresión (3-31) se puede observar que cuando D/c aumenta, la velocidad de propagación disminuye. También se puede observar que entre mayor sea el módulo de elasticidad del material del tubo, mayor es la velocidad de propagación de la onda.

La onda de máxima presión ocurre si el tiempo de cierre de la válvula es menor que el tiempo de cierre crítico que está dado por:

$$T = \frac{2L}{c} \dots\dots\dots(3-35)$$

- en donde:
- T = tiempo crítico, seg.
 - L = longitud de la tubería, m.

BOMBAS CENTRIFUGAS.

GENERALIDADES.- La bomba centrífuga es la que se usa más extensamente en la industria, por su versatilidad y por su sencillez de operación. Encontrándose en el mercado una gran variedad de ellas.

El principio físico en el que se funda la operación de las bombas centrífugas, es el aprovechamiento de la fuerza centrífuga de un impulsor que gira a alta velocidad, en el interior de una carcasa y, que en su movimiento impulsa al fluido en contacto con él, hacia la periferia del mismo con una velocidad alta; a continuación, la energía de velocidad del fluido se transforma en energía de presión, que le permite moverse a través de las tuberías de descarga.

Las bombas centrífugas las podemos clasificar de acuerdo a sus características de construcción en:

Bombas tipo Voluta.- En estas bombas el impulsor descarga el líquido en una carcasa de forma espiral, en la que gradualmente se va reduciendo la velocidad del mismo. De este modo la energía de velocidad es convertida en presión; estas bombas son las más comunes para servicio general.

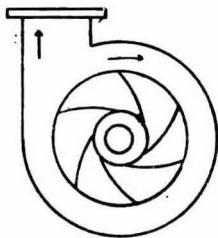


Fig.(3-4).

Bombas tipo Difusor.- La característica fundamental de estas bombas es que cuentan con un disco formado por álabes direccionales que rodean al impulsor. Estos álabes se ensanchan gradualmente de tal manera, que la energía de velocidad del fluido se convierte en energía de presión, en la descarga de las mismas.

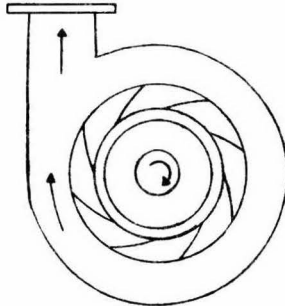


Fig.(3-5).

Bombas tipo Turbina.- Estas se caracterizan por tener álabes radiales los cuales al girar a altas velocidades dentro de un canal anular, imprimen al fluido sucesivos impulsos de energía.

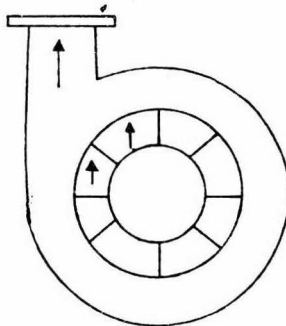


Fig.(3-6).

CAPACIDAD DE UNA BOMBA.

La capacidad de bombeo de una bomba es la cantidad de fluido que es capaz de mover por unidad de tiempo. Existen diferentes unidades y medidas para medir la capacidad de una bomba, como son:

1) Midiendo el volumen en litros por segundo o galones por minuto si se trata de unidades pequeñas y medianas; y metros cúbicos por hora si se manejan grandes volúmenes. O bien el peso recolectado en un cierto tiempo.

2) Por medio de un orificio o un venturi.

LIQUIDO BOMBEADO.

Las propiedades físicas del líquido que se va a manejar son de mucha importancia, como son: viscosidad y densidad, ya que son factores determinantes para estimar las pérdidas por fricción originadas en los conductos por los cuales circula el fluido.

CARGA DINAMICA O TRABAJO DE BOMBEO.

El concepto de carga dinámica en una instalación de bombas nos da idea de un fluido en movimiento, al circular un fluido por un conducto, además de la energía necesaria para vencer la columna estática se requiere, otra cantidad extra de energía para vencer las fuerzas de fricción. La suma de estas fuerzas nos da la carga dinámica de la bomba. Esta carga dinámica la podemos expresar por medio de la ecuación de Bernoulli al sistema:

$$(P_2 \rho_2 - Z_2 + v_2^2 / 2g) - (P_1 \rho_1 + Z_1 + v_1^2 / 2g) = Q + E_1 - E_2 - W_o \dots (3-20)$$

en donde:

P = presión absoluta, en Kg fuerza/m².

V = volumen del fluido en m³.

Z = distancia vertical sobre el plano de referencia, en m.

v = velocidad del fluido, en m/seg.

g = aceleración de la gravedad, en m/seg.

Q = calor que se le proporciona al sistema desde una fuente externa, en m - Kg fuerza/Kg masa.

E = energía interna, en m - Kg fuerza/Kg masa.

W = trabajo, en m - Kg fuerza/Kg masa.

suponiendo condiciones isotérmicas:

$$E_1 = E_2 \dots\dots\dots(3-21)$$

y

$$P_1 V_1 - P_2 V_2 = -\Delta P/e \dots\dots\dots(3-22)$$

con estas suposiciones y reorganizando la ecuación (3-20) tenemos:

$$-w_o = -Q + Z g/g_c + v_2^2 - v_1^2/2g_c + \Delta P/e \dots\dots\dots(3-23)$$

Vemos que $-Q = F$ (fricción), energía mecánica que es convertida en calor por fricción, por lo tanto tenemos:

$$-w_o = F + Z g/g_c + (v^2/2g_c) + \Delta P/e = \Delta h \dots\dots\dots(3-24)$$

Δh = cabeza total de un fluido (Kg fuerza-m/Kg masa)

$-w_o$ = trabajo de bombeo (Kg fuerza-m/Kg masa)

La potencia hidráulica será:

$$Ph = \frac{w \Delta h}{550} = HP \dots\dots\dots$$
$$Ph = \frac{w \Delta h}{75} = CV \dots\dots\dots(3-25)$$

w = masa velocidad (Kg/seg).

Ph = potencia hidráulica o potencia teórica.

POTENCIA AL FRENO.

En un grupo moto-bomba la potencia al freno (Na) se define como la potencia libre en el eje. También se conoce como potencia de accionamiento.

Potencia de accionamiento = potencia absorbida = potencia en el eje.

Na = Potencia absorbida por la red, multiplicada por el rendimiento del motor eléctrico.

POTENCIA UTIL (Nu).

Se define como el incremento de potencia que experimenta el fluido en la bomba.

Las pérdidas en las bombas centrífugas pueden ser:

Pérdidas hidráulicas (Pn).- las cuales pueden ser: pérdidas por rozamiento de superficie y pérdidas por rozamiento de forma.

Pérdidas volúmetricas (Pv).- las cuales pueden ser: pérdidas por caudal exterior y pérdidas por cortocircuito.

Pérdidas mecánicas (Pm).- las cuales pueden ser: pérdidas por rozamiento en el prensaestopas, pérdidas en los cojinetes y pérdidas por rozamiento de disco.

RENDIMIENTO TOTAL.

Tiene en cuenta todas las pérdidas en la bomba y su valor es:

$$\eta_t = \frac{Nu}{Na} = \frac{\text{HP DADOS}}{\text{HP RECIBIDOS POR LA MAQUINA}} \dots\dots(3-26)$$

Siendo $N_u = N_a - P_h - P_v - P_m$.

La eficiencia también puede expresarse como:

$$\eta = \frac{\text{POTENCIA DE BOMBEO}}{\text{POTENCIA ELECTRICA}} = \frac{\text{POTENCIA HIDRAULICA}}{\text{POTENCIA AL FRENO}} \dots\dots\dots(3-27)$$

$$\text{POTENCIA DE BOMBEO} = (P_d - P_s)w / \rho \dots\dots\dots(3-28)$$

P_d = presión de descarga Kg fuerza/m².

P_s = presión de succión Kg fuerza/m².

w = gasto en masa Kg/seg.

ρ = densidad Kg/m³.

$$\text{POTENCIA ELECTRICA} = V I F \dots\dots\dots(3-28)'$$

V = volts.

I = amperes.

F = factor de potencia.

COMPORTAMIENTO DE UNA BOMBA CENTRIFUGA.

El comportamiento de las bombas centrífugas se expresa convenientemente por medio de tres curvas como las que se muestran en la figura (3-7).

Una bomba centrífuga con una velocidad constante, seguirá el comportamiento de esas curvas cuando la válvula a la descarga cambia de la posición cerrada a la mayor abertura.

Para una capacidad dada de l/min hay una cabeza total, una eficiencia y una potencia.

Debido a los diferentes usos a que se destinan estas bombas es necesario que el fabricante pueda variar sencillamente el diseño de las bombas,

para que éstas operen a las condiciones deseadas.

Las variaciones que se pueden hacer son:

1) Cambiando el diámetro del impulsor; la capacidad varía directamente con el diámetro; la cabeza varía directamente con el cuadrado del diámetro; y la eficiencia permanece constante.

2) Cambiando la velocidad de rotación.- la capacidad varía directamente con el diámetro; la cabeza varía directamente con el cuadrado de la velocidad; la potencia varía directamente con el cubo de la velocidad y la eficiencia es la misma para pequeños cambios.

Algunos gráficos sobre el comportamiento de las bombas centrífugas se muestran a continuación para diferentes diámetros de impulsor y diferentes velocidades de rotación. Fig.(3-8), (3-9) y (3-10).

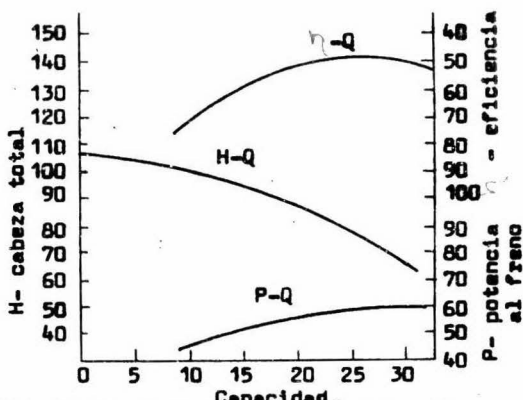


Fig.(3-7). Curvas Características de una bomba centrífuga.

Reproducido de: Prácticas de laboratorio de Ingeniería Química.

Facultad de Química; UNAM.

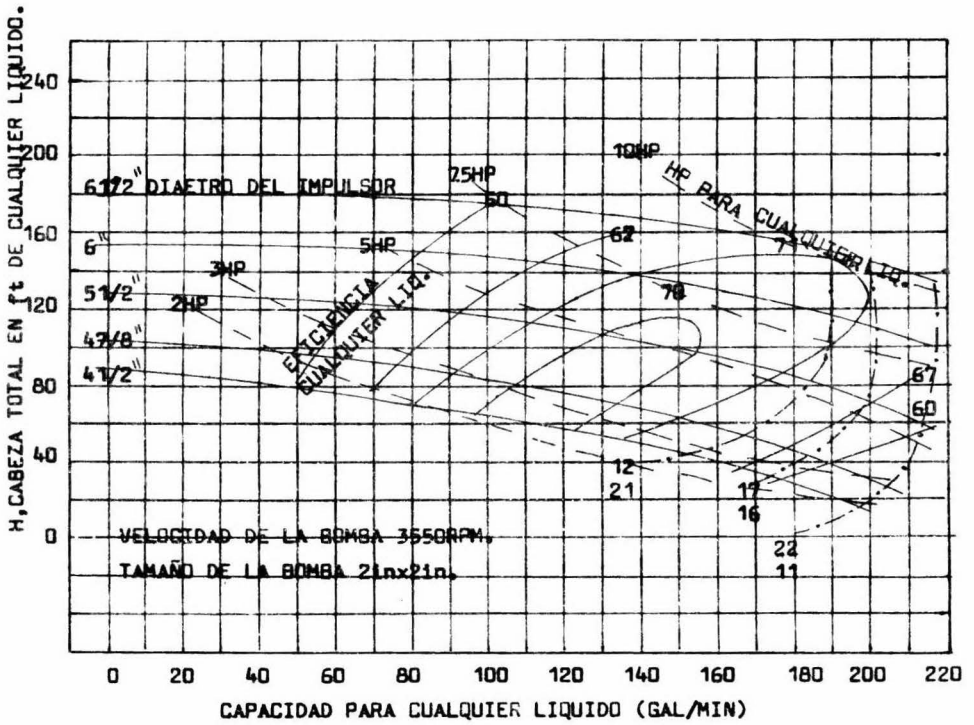


Fig. (3-8)

Reproducida de; Ludwig, Ernest, E. Report "flow of fluids", Chemical Engineering,
 pp, 192, Junio 13, 1960.

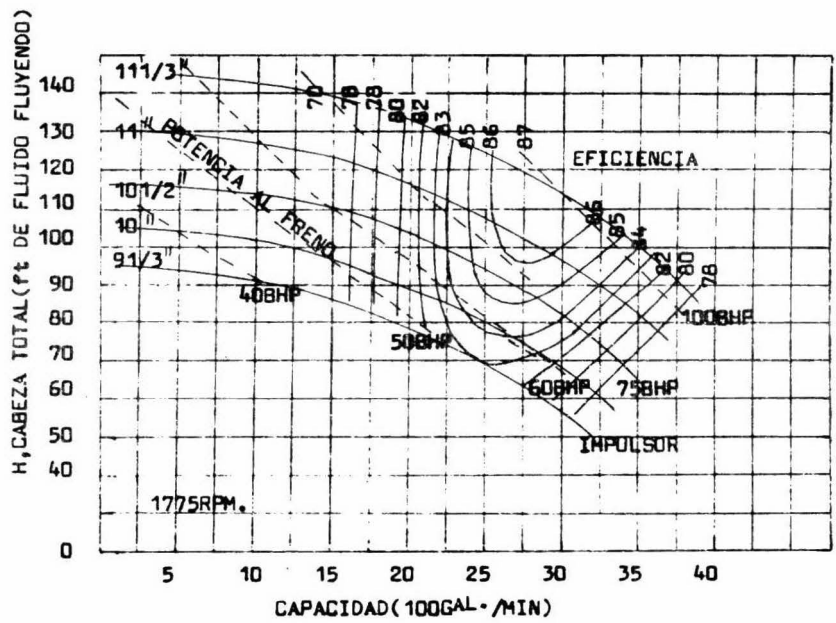


FIG. (3-9)

Reproducido de : Foust, A.S., Wenzel., Clump., Maus., Andersen.
 Principios de operaciones unitarias.
 10 Edición.
 C.E.C.S.A.
 pp.543
 México 1970.

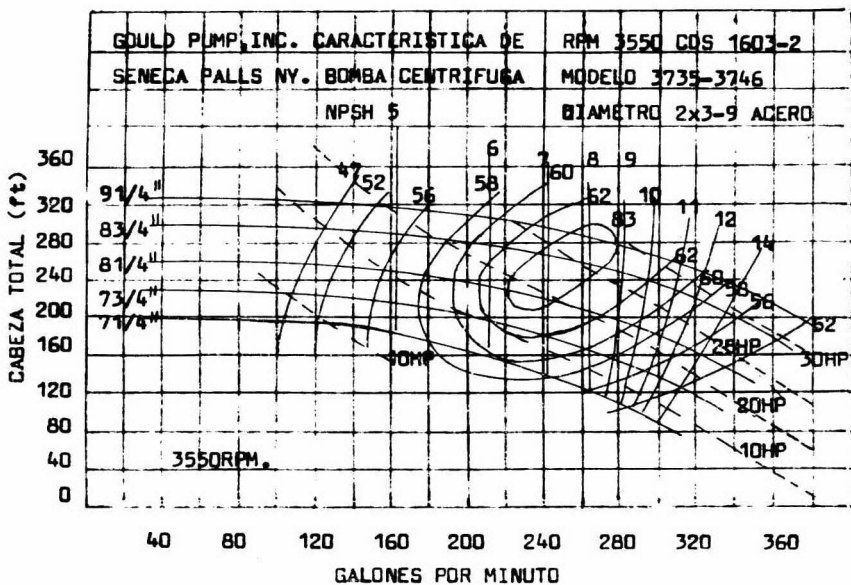


FIG. (3-10)
 (TOMADA DE LAS PRACTICAS DE LABORATORIO DE INGENIERIA QUIMICA)

NPSH.

La cabeza de succión neta positiva, es la presión por encima de la presión de vapor de un líquido medida en el punto de succión para prevenir que el líquido se vaporice al fluir desde un punto de mayor presión al punto de menor presión situado en el impulsor lo cual provocaría cavitación en la bomba.

Los datos de NPSH requeridos por una bomba a varias capacidades y velocidades son proporcionados por el fabricante (ver figura).

El NPSH disponible debe ser siempre igual o mayor que el NPSH requerido para que la bomba opere satisfactoriamente, haciendo un balance sencillo, como se muestra en la figura (3-11) obtenemos:

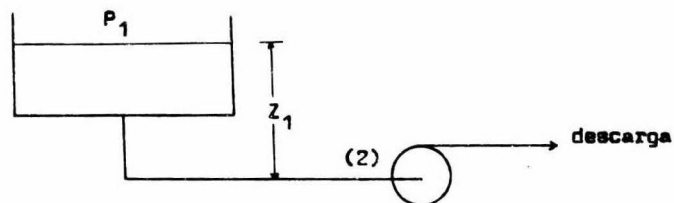


Fig. (3-11)

$$\text{NPSH} = \left(\frac{P_1}{\rho} + \frac{\rho}{\rho_c} Z_1 - F \right) - \frac{P_v}{\rho} \dots\dots\dots(3-29)$$

En donde:

P_v = presión de vapor del líquido que se esté manejando.

CAPITULO IV

Es de importancia el considerar el tramo mínimo recto de tubería antes y después de la tubería para evitar turbulencias antes del porta orificio, que pueden originar errores en la medición, sin embargo, se puede prescindir cuando se es precedido de un tramo largo de tubería recta, como no es siempre posible, hay necesidad de determinar la longitud mínima de tubería recta indispensable para caso; como se muestra en la figura (4-1).

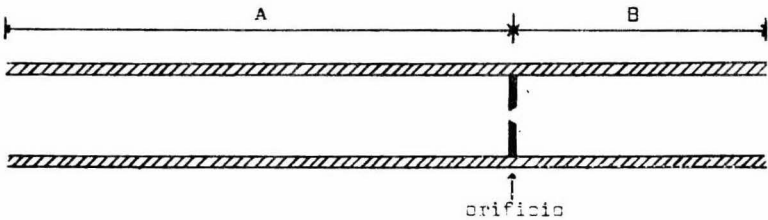


Fig.(4-1).

De acuerdo a la gráfica (4-2) cuando se tiene un regulador o una válvula parcialmente abierta, antes 50 diámetros.

$$B = \frac{d}{A} = \frac{13}{49.3} = 0.263 \dots\dots\dots(4-1)$$

La relación de diámetros.

Por lo tanto B = .3, de la gráfica y la longitud sería B = 6" (15.24 cm) y para A = 2.7" (67.69 cm).

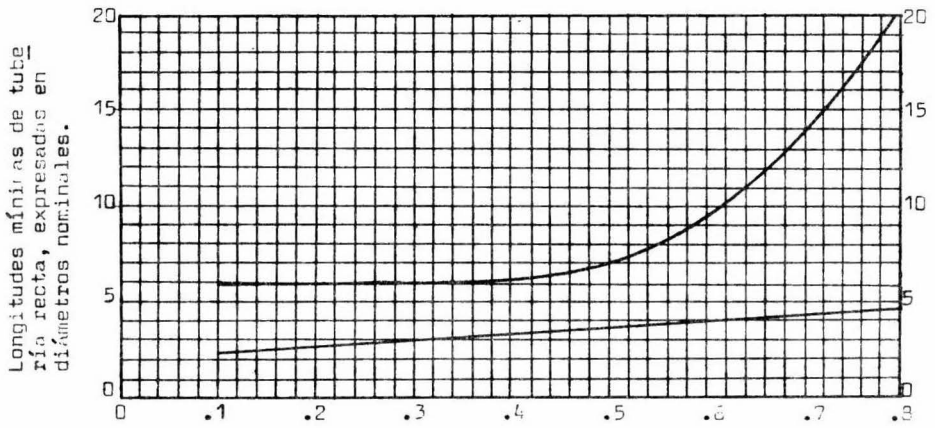


Fig. (4-2). Relación Orificio, Diámetro de Tubería .

Reproducido de: Spink, L.K.
Principles and Practice
of Flow Meter Engineering.

Los tramos mínimos de tubería son $A = 22.09$ cm y $B = 15.24$ cm, sin embargo, para nuestro diseño se cuenta con un tramo más largo de tubería recta y se puede utilizar una longitud mayor que recomiendan para unas mediciones más exactas que serían $A = 50''$ (127 cm) y $B = 15''$ (38.1 cm).

DISEÑO DEL MEDIDOR DE ORIFICIO.

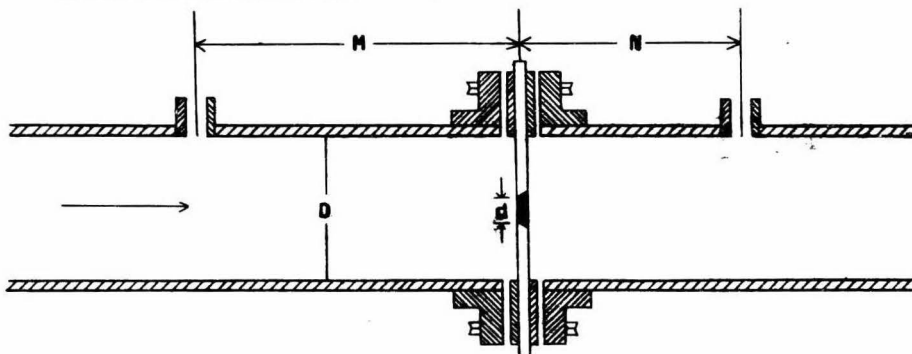


Fig.(4-3). Distancias mínimas para la instalación de placa de orificio.

De la Tabla de Dimensiones de la Tubería PVC:

$$D_n = 2'' \text{ (50 mm)}$$

$$D_c = 2.374'' \text{ (60.3 mm)}$$

$$D_i = D = 49.3 \text{ mm.}$$

La conexión corriente - arriba debe situarse a $M = D$ y la corriente - a bajo se situa de acuerdo a la gráfica (4-2). Entonces se puede obtener la distancia N en donde el diámetro mínimo de orificio recomendado para el sis-

tema es de 1/2" (13 mm).

Por lo tanto:

$$B = \frac{d}{D}$$

sustituyendo nuestros datos obtenemos:

$$B = \frac{13 \text{ mm}}{49.3 \text{ mm}} = 0.263$$

Entonces $N = 20.32 \text{ mm}$.

PLACA DE ORIFICIO.

Las especificaciones adecuadas para el espesor de la placa es de 1/16" de acuerdo a la tubería de 2".

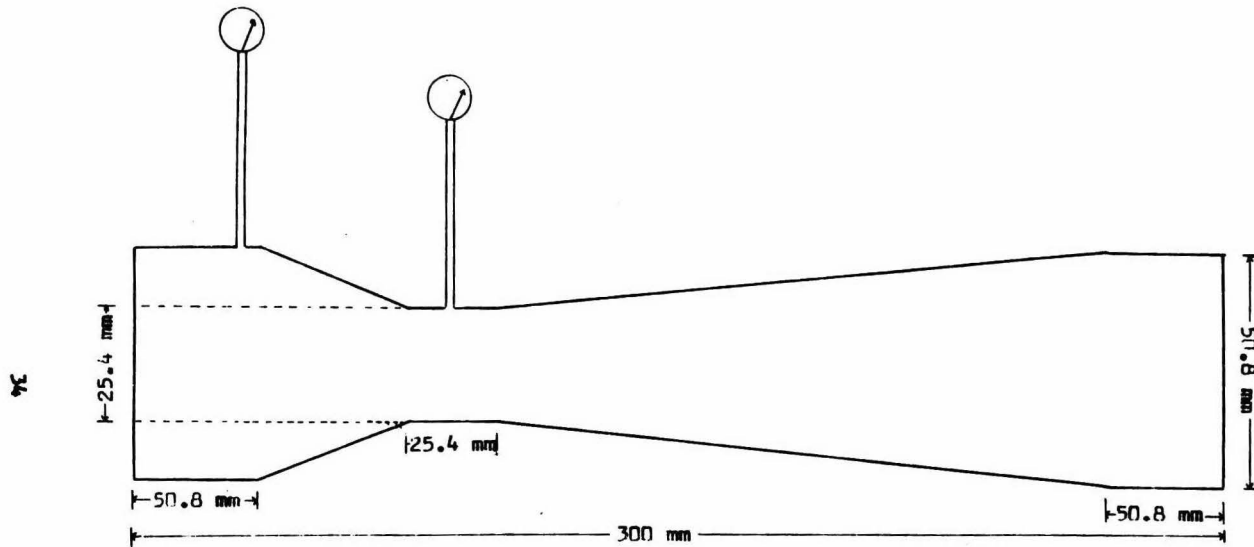


Fig. (4-4). DISEÑO DEL MEDIDOR VENTURI.

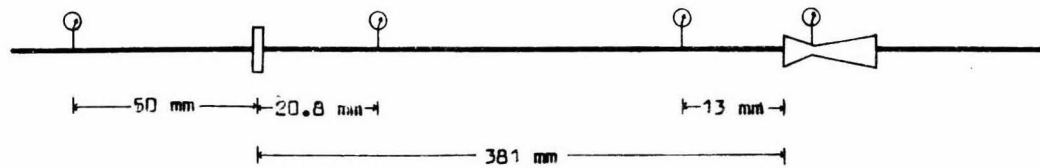
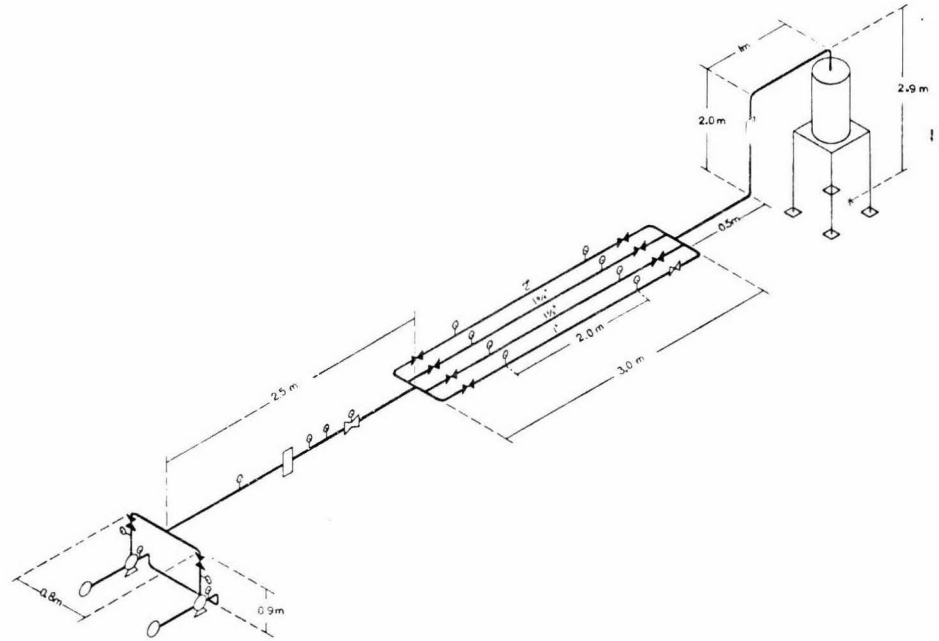


FIG. (4.5) BANCO DE MEDIDORES

5



Ing. Alfonso M.		
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MEXICO		
FACULTAD DE QUIMICA	SISTEMA DE FLUJO DE FLUIDOS EN TUBERIA	Acatacam...

CAPITULO V

CALCULOS. DE MEDIDORES

1.- Determinar teóricamente el coeficiente de descarga del medidor de orificio y del medidor venturi y compararlos con los obtenidos prácticamente.

2.- Graficar los valores del coeficiente de descarga del orificio contra el número de Reynolds.

3.- Graficar los valores del coeficiente de descarga del venturi contra el número de Reynolds.

TABLA DE LOS DATOS NECESARIOS PARA LA REALIZACION DE LOS CALCULOS.

ABERTURA	Q/t Lt/Seg	Q m^3/Seg	V m/Seg	P_0 Kg/m ²	P_v Kg/m ²	V_0 m/Seg	V_v m/Seg	C_0	C_v	N_{Re}^0	N_{Re}^v
1/4											
1/2											
3/4											
Total											

TECNICA DE MEDIDORES.

- 1.- Llenar el tanque de alimentación hasta sus tres cuartas partes.
- 2.- Seleccionar el sistema motor-bomba.
- 3.- Alinear la tubería de manera que toda el agua quede almacenada en el tanque receptor.
- 4.- Hacer funcionar la bomba y esperar a que se regularice el flujo.
- 5.- Medir el tiempo que tarda en bombearse una determinada cantidad de agua.
- 6.- Simultáneamente se toman las lecturas de los manómetros, para obtener las caídas de presión.
- 7.- Los datos obtenidos se tabulan en la siguiente tabla para facilitar la realización de los cálculos.

No. DE REYNOLDS.

Se calculará el caudal del fluido que pasa a través del banco de tuberías, diámetro nominal 2", 1 3/4" o 1 1/2" y 1" para conocer el número de Reynolds, controlando el fluido con una válvula y clasificar el fluido en la región laminar o turbulenta, o sea:

CORRIDA	CAUDAL	VELOCIDAD		N. DE REYNOLDS	FACTOR DE FRICCIÓN	GRAD. HIDRAULICO	ALTURA 1	ALTURA 2	DIF. DE CEBEZAL	TEMPERATURA		
No	Q	v	v ²	Re	f	i	h ₁	h ₂	h ₂ -h ₁	T	log i	log v
1												
2												
3												
4												
5												

Se graficará gradiente hidráulico en ordenados contra la velocidad en las abscisas.

Se podrá observar las pérdidas por fricción proporcionales a la velocidad según sea el flujo y el exponente n, con la pendiente de la gráfica.

TÉCNICA DE LA PRACTICA DEL No. DE REYNOLDS.

- 1.- Verificar que el banco de medidores estén en buen estado y calibrados.
- 2.- Seleccionar la bomba que se usará en la práctica.
- 3.- Abrir parcialmente la válvula.
- 4.- Arrancar la motobomba y dejar un lapso de tiempo para estabilizar el flujo.
- 5.- Checar si no existen fugas en los manómetros o aire atrapado en los mismos.
- 6.- Tomar de dos a tres lecturas en cada rango de presiones.

GOLPE DE ARIETE.

Se tomarán los diferentes tiempos de cierre de válvula para calcular la velocidad de la onda de presión y consecuentemente el golpe de ariete y el tiempo crítico de cierre.

Corrida	Tiempo	Velocidad de onda	Sobre-presión	Tiempo crítico	Long. de tubería
No	t	v	h	T	L
1					
2					
3					
4					
5					

Se hará uso también del nomograma para calcular directamente el golpe de ariete. (APENDICE B1)

TECNICA DEL GOLPE DE ARIETE.

- 1.- Llenar el tanque de alimentación o recepción según la experiencia a obtener.
- 2.- Seleccionar el tramo recto de tubería y el diámetro de la misma.
- 3.- Revisar la válvula de experimentación, que esté en condiciones de operación.
- 4.- Medir la longitud de la tubería recta a la válvula de experimentación.
- 5.- Con un cronómetro se tomarán diferentes tiempos de cierre de válvula.

CALCULO DE BOMBAS

En esta práctica se determinará las características del funcionamiento de bombas centrífugas para obtener experimentalmente sus curvas por medio de las ecuaciones correspondientes. Las curvas son:

$$a) \eta - Q$$

$$b) H - Q$$

$$c) P - Q$$

TECNICA DE LA PRACTICA DE BOMBAS

En los manómetros colocados a la entrada y a la salida de la bomba podrán ser leídas las diferentes presiones que se obtengan de acuerdo con los gastos correspondientes. La variación en el gasto podrá llevarse a cabo controlando la descarga de la bomba por medio de una válvula.

Simultáneamente a las lecturas efectuadas anteriormente, se harán las correspondientes a la variación de niveles en el tanque de succión por medio del indicador de nivel que este posee y las lecturas de voltaje y amperaje para calcular la potencia eléctrica consumida por el motor que acciona la bomba. Debido a que la intensidad de la corriente no es constante durante la operación, la potencia variará, por lo que será necesario hacer una integración gráfica que nos indique el valor total de la energía consumida durante la operación.

Todos estos valores deberán estar dados por unidad de tiempo, por lo cual durante la operación éste debe ser determinado.

Para los cálculos hay que evaluar las longitudes equivalentes de accesorios y la longitud de la tubería. Con los datos obtenidos del Bernoulli se puede proceder a seleccionar la bomba más adecuada por medio del gasto, la cabeza y el NPSH requeridos.

TABLA DE DATOS NECESARIOS PARA LA REALIZACION DE LOS CALCULOS

DE BOMBAS.

	Q	t	Q	P	P	Hs	Hd	POTEN- CIA.	VOLTA- JE.	AMPERA- JE.
		seg	ft ³ /s	cm Hg	lb/ft ²	PSIA	PSIA	WATT	VOLT	AMPERE
1/4										
1/2										
3/4										
TOTAL										

DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO.

a) Este equipo consta de un tanque de alimentación con una capacidad de 500 litros, provisto del siguiente equipo auxiliar: Un indicador de nivel, una línea que conecta a la red general de servicio de agua y que alimenta el tanque; en la parte inferior cuenta con una línea que conecta a un cabezal general de alimentación a la succión de las diferentes bombas, y por último tiene una línea de descarga al drenaje.

b) Dos sistemas Motor-Bomba.

c) Sistema de medidores de Flujo, formado por un medidor de orificio y un medidor venturi y un rotámetro.

d) Un tanque de descarga de igual capacidad al anterior y con el mismo equipo auxiliar. En la parte inferior tiene una conexión para vaciar el tanque al drenaje.

e) Una serie de tuberías de diferentes diámetros para seleccionar entre ellas el más adecuado.

CAPITULO VI

CONCLUSION

En la práctica de MEDIDORES al tomar lecturas de caída de presión en un medidor de orificio y en un venturi, permitirá comparar la exactitud de uno con respecto al otro, y las variaciones de los coeficientes de descarga de los mismos; tanto teóricos como experimentales, además de las ventajas y desventajas que tienen entre sí dichos medidores.

En la práctica de NUMERO DE REYNOLDS podemos decir que la variación de la velocidad de flujo nos permitirá conocer el tipo de perfil y por medio de esto clasificar el flujo en la zona laminar, turbulenta ó en la zona de transición.

En la práctica del GOLPE DE ARIETE la intensidad del exceso de presión (ariete), en la onda dependerá de la magnitud extinguida que producirá el mismo exceso de presión, reduciendo súbitamente la velocidad en aproximadamente un 60 %.

En la práctica de BOMBAS se observa que las precauciones necesarias para el buen funcionamiento de una bomba, previa al arranque son; verificación, lubricación, purga, etc., así como las fallas que se presentan durante la operación de las mismas (vibración) y las posibles causas de dichas fallas, aplicando el criterio que le permita solucionar las mencionadas fallas, además de poder interpretar las curvas obtenidas prácticamente y en base a ellas determinar si el funcionamiento de la bomba es normal ó anormal.

De acuerdo a lo anteriormente descrito concluimos que las mencionadas prácticas serán de gran utilidad en el futuro profesional de los alumnos dado que les permitirá adquirir un amplio criterio para discernir en situaciones semejantes a las que se presentan en el laboratorio dentro de mecánica de fluidos.

APENDICE A.

PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS

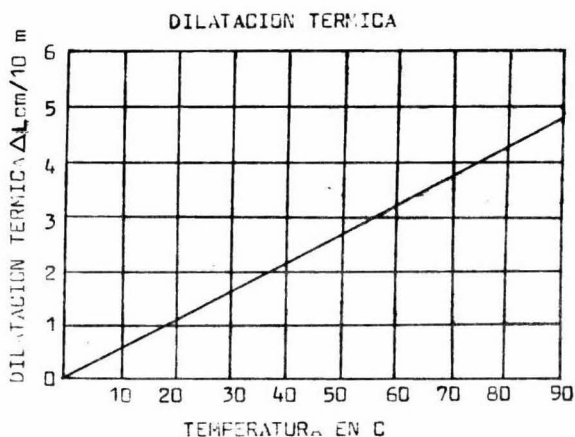
DE TUBERIA DE PVC.

PROPIEDADES FISICAS DEL PVC

GRAVEDAD ESPECIFICA	1.35	
RESISTENCIA COMPRESION	619	Kg/cm ² .
RESISTENCIA TENSION	423	Kg/cm ² .
RESISTENCIA FLEXION	810	Kg/cm ² .
CONDUCTIVIDAD TERMICA		
CALOR ESPECIFICO	0.25	Cal/g-mol ^o C.
ABSORCION DE AGUA	0.07	% en 24 hrs.
DUREZA	78	Shore "D".
RESISTENCIA ELECTRICA	1085	Volts/Mil.
RESISTIVIDAD VOLUMETRICA	681 x 10 ¹²	Ohms/cm.
MODULO DE ELASTICIDAD	3.0 x 10 ⁴	Kg/cm ² .
DILATACION TERMICA LINEAL	8 x 10 ⁵	cm/cm/ ^o C.

El cambio de longitud de una tubería debido a la variación de temperaturas o dilatación térmica, es un factor importante y digno de tomarse en cuenta en el diseño e instalación de una tubería.

A continuación se tiene un diagrama y la fórmula con la cual se puede calcular la dilatación térmica debido al cambio de temperatura a que es expuesta.



$$\frac{\Delta L}{10 \text{ m}} = T - F$$

en donde:

ΔL = Dilatación térmica en cm por cada 10 cm de tubería.

T = Temperatura máxima de trabajo en C.

F = Temperatura mínima de trabajo en C.

L = Longitud de la tubería en metros.

DT = Dilatación total en cms.

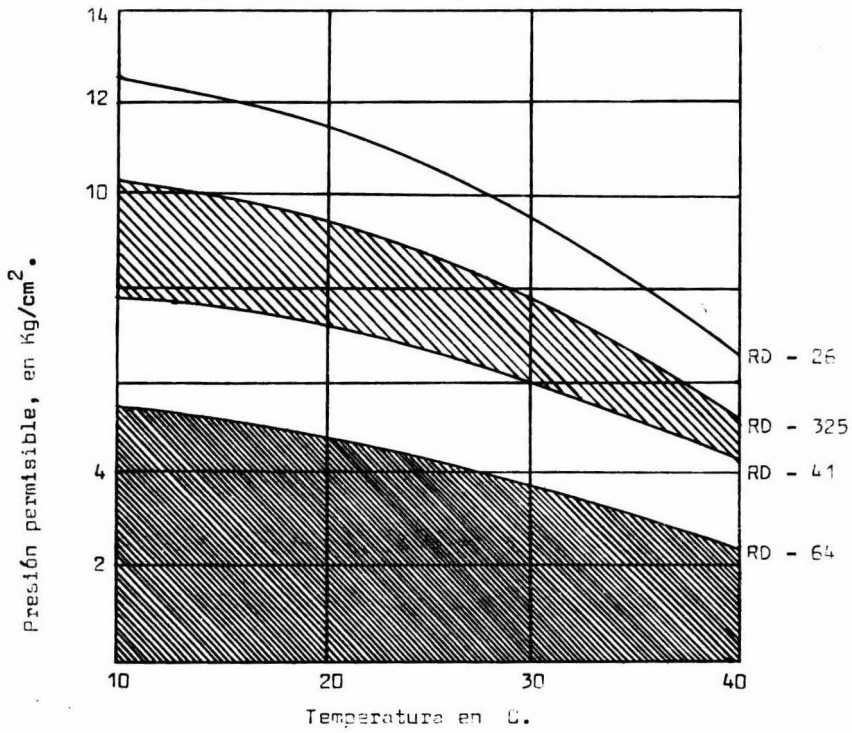


Fig. (B-3). Presión Permisible de Trabajo respecto a la Temperatura de Operación.

Reproducido de: Catálogo M.E.C.A.

RESISTENCIA QUIMICA

E - Excelente B - Buena R - Regular NR - No Recomendable I - Información no Comprobada									
DESCRIPCION	23°C	60°C	DESCRIPCION	23°C	60°C	DESCRIPCION	23°C	60°C	
Aceite de Algodón	E	E	Acido Láctico 25%	E	E	Bicromato de Potasio	E	E	
Aceite de Castor	E	E	Acido Láurico	E	E	Bifluoruro de Amonio	E	E	
Aceite de Linaza	E	E	Acido Linoleico	E	E	Bisulfato de Sodio	I	I	
Aceite de Lubricantes	E	E	Acido Maleico	E	E	Bisulfito de Calcio	E	E	
Aceites Minerales	E	B	Acido Máfico	E	E	Bisulfato de Sodio	E	E	
Aceites y Grasas	E	B	Acido Metilsulfónico	E	E	Blanqueador (12.5% Cl, Art.)	B	R	
Acetilaldehído	NR	NR	Acido Nicotínico	E	E	Borato de Potasio	E	E	
Acetato de Amilo	NR	NR	Acido Nítrico 10%	E	NR	Borax	E	B	
Acetato de Butilo	NR	NR	Acido Nítrico 68%	NR	NR	Bromato de Potasio	E	E	
Acetato de Etilo	NR	NR	Acido Oleico	E	E	Bromo (Liq)	NR	NR	
Acetato de Plomo	E	E	Acido Oxálico	E	E	Bromuro de Etileno	NR	NR	
Acetato de Sodio	E	E	Acido Palmítico 10%	E	E	Bromuro de Potasio	E	B	
Acetato de Vinilo	NR	NR	Acido Palmítico 70%	NR	NR	Bromuro de Sodio	I	I	
Acetileno	I	I	Acido Peracético 40%	NR	NR	Butadieno	R	NR	
Acetona	NR	NR	Acido Perclórico 10%	E	E	Butano	I	I	
Acido Acético 80%	B	NR	Acido Perclórico 70%	NR	NR	Butanodiol	I	I	
Acido Acético 20%	E	NR	Acido Picrico	NR	NR	Butil Fenol	B	NR	
Acido Adípico	E	E	Acido Selénico	I	I	Butileno	E	I	
Acido Antraquinensulfónico	I	I	Acido Silícico	E	E	Carbonato de Amonio	E	E	
Acido Arilsulfónico	R	NR	Acido Sulfúrico	E	E	Carbonato de Bario	E	E	
Acido Arsénico	E	B	Acido Sulfúrico 10%	E	E	Carbonato de Calcio	E	E	
Acido Benzensulfónico 10%	E	E	Acido Sulfúrico 75%	E	E	Carbonato de Magnesio	E	E	
Acido Benzóico	E	E	Acido Sulfúrico 90%	NR	NR	Carbonato de Potasio	B	B	
Acido Bórico	E	E	Acido Sulfúrico 98%	NR	NR	Carbonato de Sodio (S. Ash)	E	E	
Acido Bromhídrico 20%	E	E	Acido Tánico	E	E	Celulosa	R	NR	
Acido Bromico	E	E	Acido Tartárico	E	E	Cianuro de Cobre	E	E	
Acido Butírico	R	NR	Acidos Grasos	E	E	Cianuro de Plata	E	E	
Acido Carbónico	E	E	Acrilato de Etilo	NR	NR	Cianuro de Potasio	E	E	
Acido Cianhídrico	E	E	Agua de Bromo	R	NR	Cianuro de Sodio	E	E	
Acido Cítrico	E	E	Agua de Mar	E	E	Cianuro de Mercurio	B	B	
Acido Clorhídrico 20%	I	I	Agua Potable	E	E	Ciclohexano	NR	NR	
Acido Clorhídrico 50%	E	E	Agua Regia	R	NR	Ciclohexanol	NR	NR	
Acido Clorhídrico 80%	E	E	Alcohol Alílico 96%	NR	NR	Clorato de Calcio	E	E	
Acido Cloracético 10%	B	R	Alcohol Amílico	R	NR	Clorato de Sodio	I	I	
Acido Clorosulfónico	E	I	Alcohol Butílico	B	NR	Cloro (Acuos) 2	E	NR	
Acido Cresílico 59%	B	NR	Alcohol Etilico	E	E	Cloro (Húmedo)	E	R	
Acido Crómico 10%	E	E	Alcohol Metílico	E	E	Cloro (Seco)	E	NR	
Acido Crómico 30%	E	NR	Alcohol Propargílico	I	I	Clorobenceno	NR	NR	
Acido Crómico 50%	B	NR	Alcohol Propílico	B	NR	Cloroformo	NR	NR	
Acido Diacético	E	E	Amoniaco (Gas-seco)	E	E	Cloruro de Alilo	NR	NR	
Acido Estearico	B	B	Amoniaco (Cloruro de amonio)	E	NR	Cloruro de Aluminio	E	E	
Acido Fluorhídrico 10%	E	NR	Anhidrido Acético	NR	NR	Cloruro de Amonio	E	E	
Acido Fluorhídrico 50%	E	NR	Anilina	NR	NR	Cloruro de Amilo	NR	NR	
Acido Fórmico	E	NR	Antraquinona	E	I	Cloruro de Bario	E	E	
Acido Fosfórico 25-85%	E	E	Benceno	NR	NR	Cloruro de Calcio	E	E	
Acido Gálico	E	E	Benzoato de Sodio	B	R	Cloruro de Cobre	E	E	
Acido Glicólico	E	E	Bicarbonato de Potasio	E	F	Cloruro de Etilo	NR	NR	
Acido Hipocloroso	E	E	Bicarbonato de Sodio	E	E	Cloruro de Fenilhidrazina	R	NR	

*Los datos de esta tabla no deben tomarse como definitivos, son únicamente para dar una idea aproximada; en caso de duda deberá hacerse una prueba, poniendo en contacto una muestra de tubería con el líquido a manejar.

RESISTENCIA QUIMICA

E - Excelente B - Buena R - Regular NR - No Recomendable I - Información no Comprobada

DESCRIPCION	23°C	60°C	DESCRIPCION	23°C	60°C	DESCRIPCION	23°C	60°C
Cloruro de Magnesio	E	E	Gasolina	NR	NR	Oxígeno	E	E
Cloruro de Metileno	NR	NR	Gelatina	E	E	Pentóxido de Fósforo	I	I
Cloruro de Metilo	NR	NR	Glicerina o Glicerol	E	E	Perborato de Potasio	E	E
Cloruro de Niquel	E	E	Glicol	E	E	Perclorato de Potasio	E	E
Cloruro de Potasio	E	E	Glucosa	E	E	Permanganato de Potasio 10%	B	B
Cloruro de Sodio	E	E	Heptano	I	I	Péroxido de Hidrógeno 30%	E	J
Cloruro de Tionilo	NR	NR	Hexano	NR	I	Persulfato de Amonio	E	E
Cloruro de Zinc	E	E	Hexanol (Terciario)	R	NR	Persulfato de Potasio	E	E
Cloruro Estánico	E	E	Hidrógeno	E	E	Petróleo Crudo	E	E
Cloruro Estanoso	E	E	Hidroquinina	E	E	Potasa Cáustica	E	E
Cloruro Férrico	E	E	Hidróxido de Aluminio	E	E	Propano	E	I
Cloruro Férrico	E	E	Hidróxido de Amonio	E	E	Soluciones Electrolyticas	E	E
Cloruro Laurico	I	I	Hidróxido de Bario 10%	E	E	Soluciones Fotográficas	E	E
Cloruro Mercúrico	B	B	Hidróxido de Calcio	E	E	Sosa Cáustica	E	E
Cresol	NR	NR	Hidroxido de Magnesio	E	E	Sub-Carbonato de Bismuto	E	E
Crotonaldehido	NR	NR	Hidróxido de Potasio	E	E	Sulfato de Aluminio	E	E
Dextrosa	E	E	Hidróxido de Sodio	E	E	Sulfato de Amonio	E	E
Dicloruro de Etileno	NR	NR	Hipoclorito de Calcio	E	E	Sulfato de Bario	E	E
Dicromato de Potasio	E	E	Hipoclorito de Sodio	E	E	Sulfato de Calcio	E	E
Dicromato de Sodio	B	R	Kerosina	E	E	Sulfato de Cobre	E	E
Dióxido de Azufre (Húmedo)	NR	NR	Metil-etil-cetona	NR	NR	Sulfato de Hidroxilamina	E	E
Dióxido de Azufre (Seco)	E	E	Monóxido de Carbono	E	E	Sulfato de Magnesio	E	E
Dióxido de Carbono	E	E	Meta Fosfato de Amonio	E	E	Sulfato de Metilo	E	R
Dimetil Amina	NR	NR	Leche	E	E	Sulfato de Niquel	E	E
Disulfuro de Carbono	NR	NR	Licor Blanco	E	E	Sulfato de Potasio	E	E
Eter Etilico	NR	NR	Licor Negro	E	E	Sulfato de Sodio	E	E
Etilen Glicol	E	E	Licor Tanning	E	E	Sulfato de Zinc	E	E
Fenol	NR	NR	Melazas	E	E	Sulfato Férrico	E	E
Ferricianuro de Potasio	E	E	Mercurio	B	NR	Sulfato Ferroso	E	E
Ferricianuro de Sodio	E	I	Nafta	E	NR	Sulfato de Sodio	E	E
Ferricianuro de Sodio	E	E	Nicotina	I	I	Sulfuro de Bario	E	R
Ferrocianuro de Potasio	E	E	Nitrato de Aluminio	E	E	Sulfuro de Hidrogeno	E	E
Fluor (Gas húmedo)	E	E	Nitrato de Amonio	E	E	Sulfuro de Sodio	E	E
Fluoruro de Aluminio	E	E	Nitrato de Calcio	E	E	Tetracloruro de Carbono	NR	NR
Fluoruro de Amonio 25%	NR	NR	Nitrato de Cobre	E	E	Tetracloruro de Titanio	B	NR
Fluoruro de Cobre	E	E	Nitrato de Magnesio	E	E	Tetra Etilo de Plomo	I	I
Fluoruro de Potasio	E	E	Nitrato de Niquel	E	E	Tiocianato de Amonio	E	E
Fluoruro de Sodio	I	I	Nitrato de Potasio	E	E	Tiosulfato de Sodio	E	E
Formaldehido	E	R	Nitrato de Sodio	E	E	Tolueno	NR	NR
Fosfato Disódico	E	E	Nitrato de Zinc	E	E	Tributinfosfato	NR	NR
Fosfato Trisódico	E	E	Nitrato Férrico	E	E	Tricloruro de Fósforo	NR	NR
Fosgeno (Gas)	E	E	Nitrato Mercurioso	B	B	Trietanol Amina	B	NR
Fosgeno (Líquido)	NR	NR	Nitrobenzeno	NR	NR	Trietanol Propano	B	NR
Form-12	I	I	Nitrato de Sodio	E	E	Trióxido de Azufre	B	E
Fructosa	E	E	Ocenal	I	I	Urea	E	E
Frutas (Jugos pulpas)	E	E	Oleum	NR	NR	Vinagre	E	NR
Furfural	NR	NR	Cicloruro de Aluminio	E	E	Vinos	E	E
Gas Natural	E	E	Oxido Nitroso	E	E	Whiskey	E	E
						Xileno	NR	NR

*Los datos de esta tabla no deben tomarse como definitivos, son únicamente para dar una idea aproximada. En caso de duda deberá hacerse una prueba, poniendo en contacto una muestra de tubería con el líquido a manejar.

APENDICE B:

*TABLAS, FIGURAS, Y NOMOGRAMAS PARA
TUBERIAS DE PVC.

*Tomadas del catálogo de VEDSA.

TABLA 4-1

DIMENSIONES DE LA TUBERIA

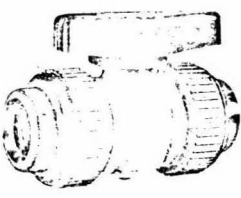
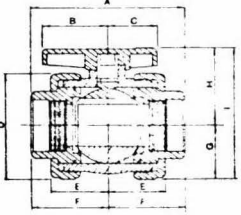
DIAMETRO NOMINAL		DIAMETRO EXTERIOR		DIAMETRO INTERIOR, ESPESOR DE PARED, SECCION LIBRE Y PESO											
				RD-26				RD-13.5				ROSCAR			
mm	pulg.	mm	pulg.	DI mm	EP mm	SL cm ²	PESO gr m	DI mm	EP mm	SL cm ²	PESO gr m	DI mm	EP mm	SL cm ²	PESO gr m
6	1/4	13.7	0.540					14.1	1.5	1.56	120	7.1	3.3	0.40	170
10	3/8	17.1	0.677					18.1	1.6	2.57	575	12.7	4.3	1.62	320
13	1/2	21.3	0.838					18.1	1.6	2.57	575	12.7	4.3	1.62	320
19	3/4	26.7	1.051	23.5	1.60	4.35	170	22.7	2.0	4.05	230	17.9	4.4	2.52	430
25	1	33.4	1.315	30.4	1.50	7.26	210	28.4	2.5	6.32	360	22.2	5.6	3.88	680
32	1 1/4	42.2	1.661	39.0	1.60	11.95	280	36.0	3.1	10.20	550	30.6	5.8	7.34	920
38	1 1/2	48.5	1.922	44.7	1.90	15.65	390	41.3	3.6	13.35	730	37.5	5.4	11.00	1000
50	2	60.3	2.374	55.7	2.30	24.40	590	51.3	4.5	20.60	1200	49.3	5.5	19.00	1310
60	2 1/2	73.0	2.874	67.4	2.80	35.40	870								
75	3	88.9	3.500	82.1	3.40	53.00	1280					75.7	6.6	45.00	2430
100	4	114.3	4.500	105.5	4.40	87.50	2130					99.3	7.5	77.40	4020
150	6	168.3	6.625	155.3	6.50	190.00	4620					152.3	8.0	183.00	6700
200	8	219.1	8.625	202.3	8.40	322.00	8500					202.3	8.4	322.00	9100

*TOLERANCIA PARA ESPESOR DE PARED ± 0.25 mm.

EL DIAMETRO INTERIOR, SECCION LIBRE Y PESO ESTAN TOMADOS CON EL DI MINIMO

TABLA B-2

VALVULA DE BOLA CEMENTAR O ROSCAR

MEDIDA NOMINAL mm	A	B	C	D	E	F	G	H	I
13	106.3	50.4	34.7	53.4	42.2	53.1	26.7	50.5	77.2
19	106	50.4	34.7	53.4	42.2	53.1	26.7	50.5	77.2
25	120.5	50.4	34.7	64.8	44.5	60.2	32.4	56.8	89.2
32	139.3	75	58.3	93.2	50.1	70.0	40.6	59.7	119.5
38	139.3	75.0	58.3	93.2	53.1	70.0	46.6	59.7	119.5
50	175.0	75.0	58.3	124.2	66.0	87.5	62.1	93.1	155.2

TABLA B-3

TEES				TAPAS				
PARA CEMENTAR O ROSCAR				PARA CEMENTAR		PARA ROSCAR		
MEDIDA NOMINAL m.m. Pulg.	X cm.	C cm.		MEDIDA NOMINAL m.m. Pulg.	D cm.	X cm.	D cm.	X cm.
6	1/4	.8	2.43	6	1/4	—	—	—
10	3/8	.98	2.92	10	3/8	2.46	1.9	1.75
13	1/2	1.23	3.51	13	1/2	2.83	2.22	2.22
19	3/4	1.59	4.13	19	3/4	2.97	2.54	2.54
25	1	1.88	4.68	25	1	3.53	28.6	3.02
32	1 1/4	2.38	5.58	32	1 1/4	3.91	3.18	3.18
38	1 1/2	2.85	6.37	38	1 1/2	4.24	34.9	3.18
50	2	3.12	6.95	50	2	4.6	3.81	3.49
75	3	5.47	7.95	75	3	8.50	4.80	8.50
100	4	6.84	9.50	100	4	9.40	4.20	8.30

TABLA B-4

COPLES				TUERCAS UNION				TAPONES				
MEDIDA NOMINAL m.m. pulg.	PARA CEMENTAR		PARA ROSCAR		PARA CEMENTAR O ROSCAR				SOLAMENTE PARA ROSCAR			
	E cm.	X cm.	E cm.	X cm.	MEDIDA NOMINAL m.m. pulg.	F cm.	X cm.	MEDIDA NOMINAL m.m. pulg.	DE EXTREMO A EXTREMO cm.			
6	1/4				6	1/4	5.27	2.7				
10	3/8	4.1	0.24	2.7	0.16	10	3/8	5.9	2.1	10	3/8	2.5
13	1/2	4.7	0.24	3.61	0.35	13	1/2	6.3	1.91	13	1/2	2.9
19	3/4	5.4	0.24	3.81	0.51	19	3/4	7.4	2.32	19	3/4	3.2
25	1	6.0	0.24	4.29	0.17	25	1	8.05	2.35	25	1	3.6
32	1 1/4	6.5	0.24	4.45	0.13	32	1 1/4	8.7	2.5	32	1 1/4	4.0
38	1 1/2	7.3	0.24	5.08	0.76	38	1 1/2	9.55	2.7	38	1 1/2	4.2
50	2	7.9	0.24	5.24	0.66	50	2	10.9	3.28	50	2	4.4
75	3	10.18	0.72	7.95	0.46	75	3	9.63	4.50	75	3	4.90
100	4	12.06	0.72	9.20	0.70	100	4	11.55	5.18	100	4	5.60

CONEXIONES PARA LAS TUBERIAS

Con relación a la presión de trabajo, hay dos tipos de conexiones para usarse con la tubería tipo ligero y tipo reforzado.

Las conexiones tipo ligero, se fabrican solamente para cementar y se usará en aquellas instalaciones en que vayan a trabajar a presiones relativamente bajas, hasta 11.2 Kg./cm² y para conectar tubos cuyo RD sea igual o menor a 26

Las conexiones tipo reforzado se fabrican para cementar o roscar.

El tipo reforzado para cementar se recomienda para usarse en instalaciones que vayan a trabajar con presiones hasta de 22.4 Kg./cm² o en aquellos casos en que se requiera un factor de seguridad alto, estas conexiones se usan con tubos RD 13.5 y Roscar.

El tipo reforzado roscado se usa en aquellas instalaciones donde los tubos se deben desmontar con cierta frecuencia, recomendándose también en estos casos, usar conexiones cementadas con brida.

TABLA B-5

CONEXIONES REFORZADAS

ADAPTADORES MACHOS			ADAPTADORES HEMBRAS		
MEDIDA NOMINAL m m. Pulg.	E cm.	HILOS DE ROSCA En 2.54 cms. (1 Pulg.) G	MEDIDA NOMINAL m m. Pulg.	E cm.	HILOS DE ROSCA En 2.54 cms. (1 Pulg.) G
13 ½	4.18	14	13 ½	3.95	14
19 ¾	4.32	14	19 ¾	4.23	14
25 1	5.17	11 ½	25 1	5.16	11 ½
32 1 ¼	5.43	11 ½	32 1 ¼	2.90	11 ½
38 1 ½	6.50	11 ½	38 1 ½	5.70	11 ½
50 2	6.70	11 ½	50 2	5.95	11 ½
75 3	9.74	8	75 3	10.16	8
100 4	11.26	8	100 4	12.07	8

TABLA B-6

MEDIDA NOMINAL m m. Pulg.		O cm.	Q cm.	X cm.	Z cm.	Y cm.
13 ½	8.80	1.10	2.23	3.01	2.50	
19 ¾	9.85	1.20	2.55	3.85	2.70	
25 1	10.94	1.42	2.86	4.92	3.87	
32 1 ¼	11.75	1.60	3.25	5.87	3.40	
38 1 ½	12.70	1.74	3.51	6.50	3.85	
50 2	15.25	1.95	3.84	7.80	4.12	
75 3	19.00	2.61	3.5	11.00	5.08	
100 4	22.80	2.77	4.5	13.81	6.08	

TABLA B-7


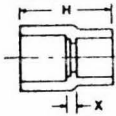
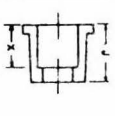
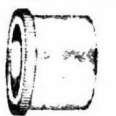
 				 						
REDUCCIONES DE CAMPANA				REDUCCIONES BUSHINGS						
MEDIDA NOMINAL		PARA ROSCAR	PARA CEMENTAR		MEDIDA NOMINAL		PARA CEMENTAR		PARA ROSCAR	
mm	Pulg	H cm.	H cm.	X cm.	mm	Pulg.	J cm.	X cm.	J cm.	X cm.
19 x 13	3/4 x 1/2	3.81	5.40	0.64	10 x 6	3/8 x 1/4	1.9	1.6	4.05	2.10
25 x 13	1 x 1/2	4.12	5.96	0.64	13 x 10	1 1/2 x 3/8	2.3	1.9	3.50	1.65
19 x 13	3/4 x 1/2	4.12	51	0.4	19 x 13	3/4 x 1/2	2.6	2.3	4.58	2.65
25 x 13	1 x 1/2	4.36	55.5	0.4	25 x 13	1 x 1/2	2.9	2.3	4.00	2.10
25 x 19	1 x 3/4	4.83	58.5	0.4	25 x 19	1 x 3/4	2.9	2.6	5.30	2.88
32 x 19	1 1/4 x 3/4	4.60	61.5	0.4	32 x 19	1 1/4 x 3/4	3.2	2.6	4.50	3.05
32 x 25	1 1/4 x 1	5.08	65	0.4	32 x 25	1 1/4 x 1	3.2	2.9	4.50	2.30
38 x 25	1 1/2 x 1	5.17	68	0.4	38 x 25	1 1/2 x 1	3.5	2.9	5.20	2.70
38 x 32	1 1/2 x 1 1/4	6.20	71	0.4	38 x 32	1 1/2 x 1 1/4	3.5	3.2	5.30	3.30
50 x 32	2 x 1 1/4	5.56	74.5	0.4	50 x 32	2 x 1 1/4	3.8	3.2	3.30	—
50 x 38	2 x 1 1/2	5.96	78	0.45	50 x 38	2 x 1 1/2	3.8	3.5	3.90	1.90
75 x 50	3 x 2	14.50	91.5	0.5	75 x 50	3 x 2	4.8	3.8	5.80	3.30
75 x 60	3 x 2 1/2		98	0.5	75 x 60	3 x 2 1/2	4.8	4.5		
100 x 75	4 x 3		110.5	0.5	100 x 75	4 x 3	5.9	4.8		
100 x 90	4 x 3 1/2		116.5	0.5	100 x 90	4 x 3 1/2	5.9	5.4		

TABLA B-8



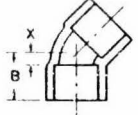

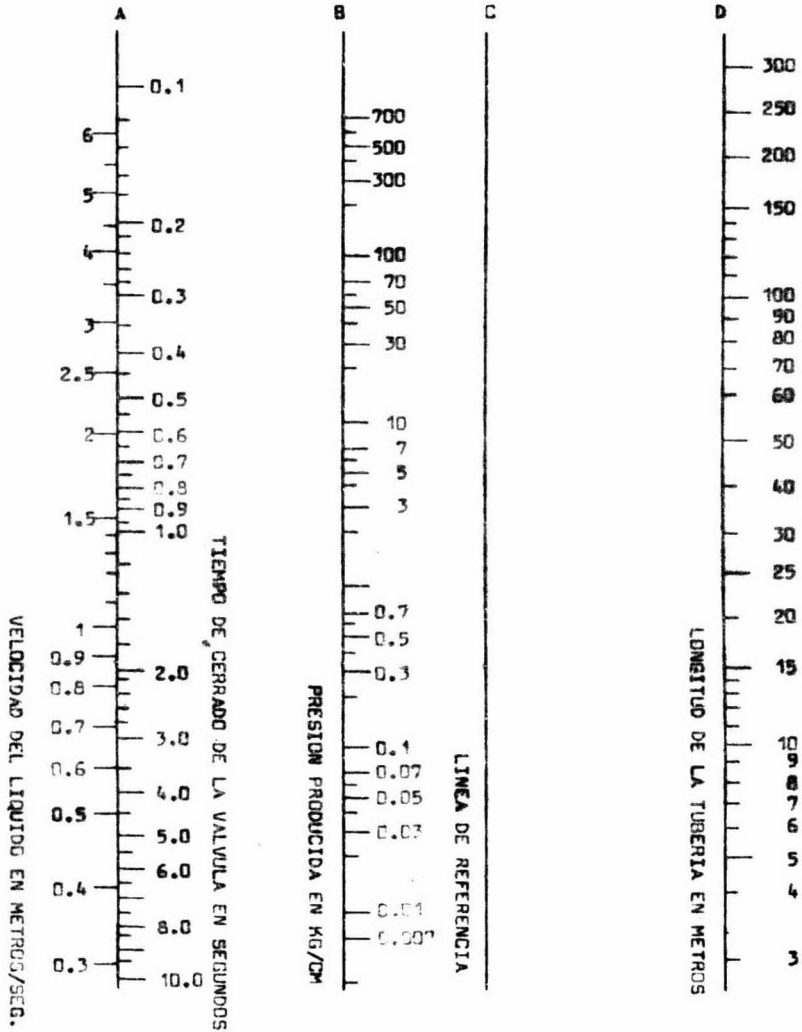
 				 			
CODOS 90				CODOS 45			
PARA CEMENTAR O ROSCAR				PARA CEMENTAR O ROSCAR			
MEDIDA NOMINAL		A	X	MEDIDA NOMINAL		B	X
mm	Pulg	cm	cm.	mm.	Pulg.	cm.	cm
6	1/4	2.43	0.8	6	1/4	2.11	0.21
10	3/8	2.8	1.0	10	3/8	2.45	0.64
13	1/2	3.49	1.87	13	1/2	2.53	0.33
19	3/4	3.97	1.43	19	3/4	3.45	0.95
25	1	4.61	17.5	25	1	3.94	1.14
32	1 1/4	5.4	2.22	32	1 1/4	4.55	1.35
38	1 1/2	6.03	2.54	38	1 1/2	5.07	1.57
50	2	6.95	3.18	50	2	5.46	1.65
75	3	93.6	4.6	75	3	6.66	1.9
100	4	115.9	5.87	100	4	8.26	2.54

TABLA B-9

DISTANCIAS EN METROS ENTRE SOPORTES, RECOMENDADAS PARA DISTINTAS TEMPERATURAS EN INSTALACIONES AEREAS.

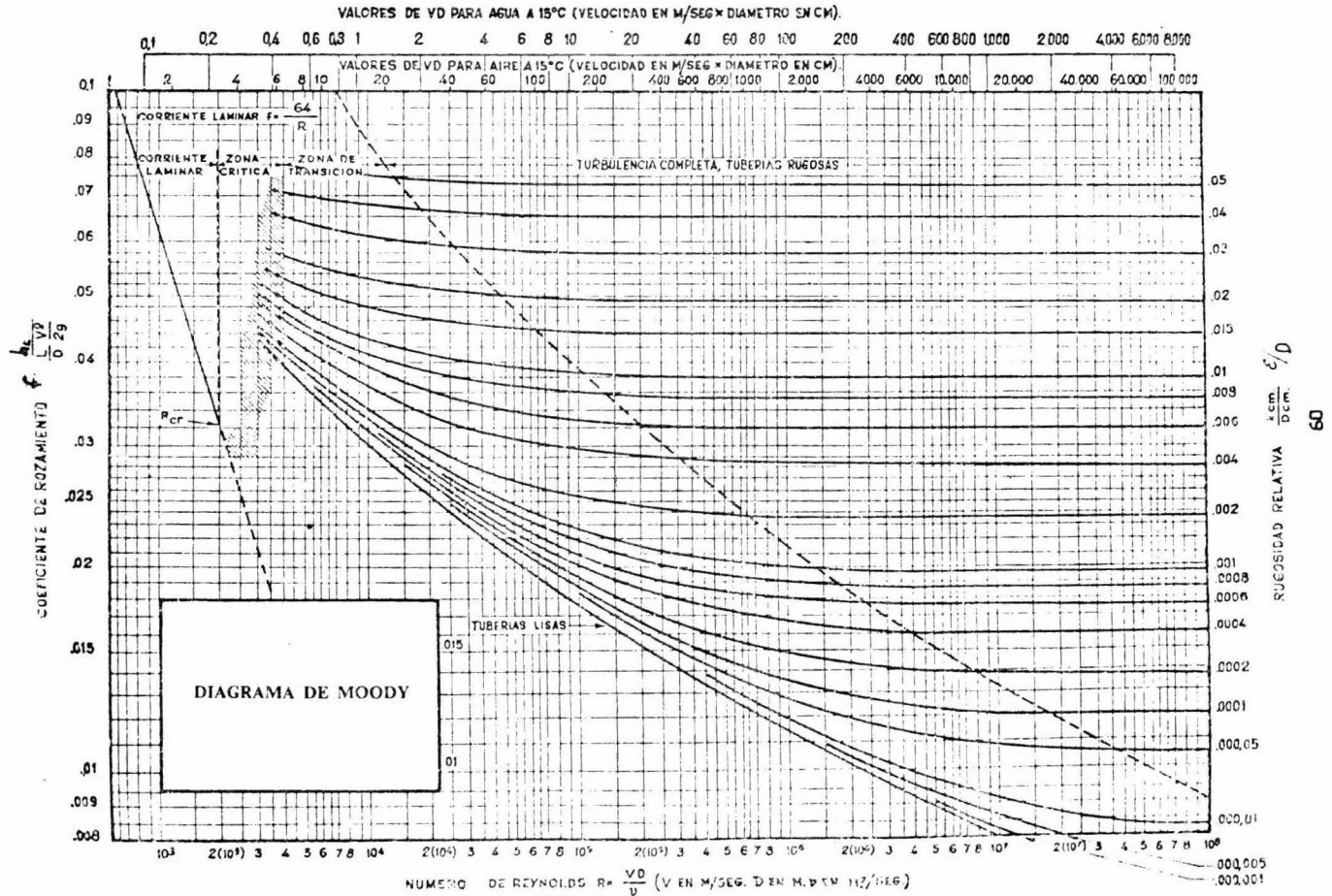
MEDIDA NOMINAL		TUBERIA PVC.								
		RD-26			RD-13.5			TIPO ROSCAR		
mm	pulg	7°C	27°C	60°C	7°C	27°C	60°C	7°C	27°C	60°C
6	1/4	1.20	0.90	0.45	1.25	0.95	0.50	1.35	1.05	0.60
10	3/8	1.35	1.05	0.60	1.35	1.10	0.60	1.35	1.20	0.60
13	1/2	1.50	1.20	0.60	1.50	1.25	0.65	1.50	1.35	0.75
19	3/4	1.65	1.35	0.60	1.65	1.35	0.65	1.65	1.35	0.75
25	1	1.80	1.50	0.75	1.80	1.50	0.75	1.80	1.50	0.75
32	1 1/4	1.80	1.65	0.75	1.80	1.65	0.80	1.80	1.60	0.90
38	1 1/2	1.80	1.65	0.90	1.85	1.65	0.90	1.95	1.65	0.90
50	2	1.80	1.65	0.90	1.85	1.65	0.90	1.95	1.65	0.90
60	2 1/2	1.95	1.80	1.05	2.00	1.85	1.05	2.30	1.95	1.05
75	4	2.15	1.80	1.05	2.25	1.90	1.05	2.45	2.15	1.05
100	4	2.30	1.80	1.05	2.40	1.90	1.10	2.60	2.15	1.20

GOLPE DE ARIETE



TOMADO DE : CATALOGO VECSA

Diagrama de Moody para hallar el coeficiente de pérdidas de carga f en tuberías



TOMADO DE : CLAUDIO MATAIX
MECANICA DE FLUIDOS Y MAQUINAS HIDRAULICAS

BIBLIOGRAFIA.

- 1) Mataix, C.
Mecánica de Fluidos y
Máquinas Hidráulicas.
1a. Edición.
Harper & Row Publisher Inc.
p.p. 287 - 294.
México 1975.

- 2) Daugherty and Franzini.
Fluid Mechanics with
Engineering Applications.
6a. Edición.
Mc Graw-Hill
pp. 191 -193: 208 - 213.
New York 1965.

- 3) Markland, E.
A First Course In
Hydraulics.
1a. Edición.
The Russell Press L.
pp. 58 - 71.
England 1973.

- 4) Streeter, V.L.
Mecánica de Fluidos.
4a. Edición.
Mc Graw-Hill.
pp. 454 - 474.
México 1970.

- 5) Peters, M. S and Timmerhans, K.D.
Plant Design and Economics
for Chemical Engineers.
2a. Edición.
Mc Graw-Hill Kogakusha, LTD.
pp. 416-527.
Tokio 1968.

- 6) Rase, H. F.
Diseño de tuberías en plantas de proceso.
1ª Edición
Blume
pp. 243-250
Madrid 1973
- 7) Feust, A. S., Wenzel, L. A., Clump, C. W.,
Maus, L., Andersen, L. B.
Principios de operaciones unitarias.
1ª Edición
C.E.C.S.A.
pp. 544 - 546
México 1970.
- 8) Manual de prácticas de Ingeniería Química.
Facultad de Química.
U.N.A.M.
- 9) Ludwig, Ernest. E. : Report "Flow of Fluids" , Chemical Engineering,
pp. 191-193 , Jun, 1960.
- 10) Catálogo Industrial Tubería de PVC
Vindur
Editado por Plastotécnica, S.A.